定向遗忘的编码加工机制[1]

寇东晓[1]　顾文涛[2]

（[1]南京师范大学心理学院，南京，210097）

（[2]南京师范大学文学院，南京，210097）

摘要 有目的的遗忘（定向遗忘）需要耗费认知努力吗？有研究发现，定向遗忘可能是被动衰减的结果，即 F 项目（需要遗忘的项目）未获得有效复述是选择性复述了 R 项目（需要记住的项目）造成的，这一加工过程不需要认知努力；但也有研究表明，定向遗忘过程可能是遗忘线索诱发的对记忆加工的主动抑制，需要耗费认知努力，脑认知研究中发现的前额叶 ERPs 成分为这一机制提供了证据。还有一种观点认为，定向遗忘编码过程可能同时包含主动抑制与被动衰减，但是尚不清楚两种加工机制相互作用的方式。为进一步澄清定向遗忘编码阶段的认知机制，未来研究需要将非认知因素纳入考察，并关注不同人群的定向遗忘特征，在此基础上尝试解决理论争议。

关键词　定向遗忘，编码阶段，主动抑制，被动衰减

1 前言

记忆是人类重要的认知功能之一，但是良好的记忆能力少不了有效的遗忘。遗忘作为记忆功能的一部分，在我们的日常生活中扮演着重要角色。遗忘可以帮助我们更新记忆系统，消除不必要的记忆痕迹，减少负面信息对我们的影响，增加记忆的有效性，所以一直以来遗忘的认知机制都是心理学家关注的重点。

遗忘过程的认知机制复杂，有些遗忘是被动发生的，而另一些则需要个体主动去完成。遗忘的发生可以是有意的和主动控制的(Lee & Lee, 2011)，因为这一遗忘过程是参与者有目的地完成的，所以又称为有意遗忘，正如 Anderson 和 Hanslmayr (2014)指出，遗忘理论如果不关注意识对遗忘的控制作用，那么造成我们记忆结果的很大一部分力量就会被我们忽略，这正是越来越多心理学家关注有意遗忘的缘由。一般来说，心理学研究中的有意遗忘，是指在遗忘指示符（通常也包括记忆指令，对二者的记忆效果进行对比以此来体现遗忘）的指示下，个体去完成相应的认知加工任务，这一研究过程通常称为定向遗忘。定向遗忘最早是由 Bjork et al., (1968)提出，发展至今主要有两种研究范式，即项目法定向遗忘范式(Fawcett & Taylor, 2008; Gallant et al., 2017;van Hooff & Ford, 2011)和列表法定向遗忘范式(Pastötter et al., 2015；Sahakyan et al., 2020)，两种范式都包含两个阶段，分别是编码阶段和提取阶段，两种方法的主要区别，在于编码阶段遗忘或者记忆材料的呈现方式。项目法范式首先逐个呈现学习项目，并在每个学习项目呈现之后随机出现“记住”或者“忘记”的指示符（分别称为 R 线索、F 线索），要求实验被试按照指示符记住或者忘记学习项目，对应的学习项目分别称为 TBR（To be remembered，简称 R 项目）和 TBF（To-be-

---

1收稿日期：2020-09-21

国家社科基金重大项目(13&ZD189)和江苏高校哲学社会科学优秀创新团队建设项目(2017STD006)资助

通讯作者：顾文涛，wtgu@njnu.edu.cn

forgotten，简称 F 项目）。列表法范式则通常将学习项目分为两个列表，在学习完前一个列表后呈现指示符，要求忘记或者记住前面呈现的列表，然后让实验被试学习并记住第二个列表。两种方法的相同之处，在于测试阶段都考察实验被试对呈现项目的记忆表现，如果 R 项目比 F 项目获得了更好的识别或记忆，则表明定向遗忘效应明显(Fawcett ＆ Taylor, 2008)。鉴于定向遗忘编码阶段加工机制的研究大部分采用项目法范式（尤其在认知神经实验中），所以项目法范式将是本文的关注重点。

用项目法研究定向遗忘的心理学实验，大多数都发现定向遗忘效应显著。在此过程中，对记忆项目（R）的选择性复述，使得实验被试在后续测试任务中对 R 项目的记忆成绩优于 F 项目。但是，对于 F 项目的遗忘，却存在两种对立的观点：被动衰减理论认为，F 项目没有像 R 项目一样受到精细加工，因此逐渐从记忆中消失，这一过程是被动的(Lee, 2012; Lee, 2017)，并不耗费认知努力；主动抑制理论则认为，F 项目的遗忘是个体主动参与的，是 F 线索引起的主动抑制 F 项目的结果(Fawcett ＆ Taylor, 2008；Fawcett ＆ Taylor, 2010；Fawcett ＆ Taylor, 2012)，很多行为及认知神经科学的实验为该理论提供了证据(Gao et al., 2018;Jing et al., 2019; Ludowig et al., 2010; Rizio ＆ Dennis, 2013)。从目前来看，两种理论之间的争议依然存在，本文将从这一争议出发，综述定向遗忘编码阶段加工机制的研究，并对未来的研究做出展望。

2 定向遗忘的认知加工机制：被动衰减还是主动抑制？

针对定向遗忘的研究，大多数将遗忘的原因归为被动衰减或者主动抑制。这两种理论，都有相关的行为实验证据。

2.1 定向遗忘的被动衰减：理论和证据

被动衰减理论的代表是 Popov et al., (2019)。该研究采用项目法，考察了先前学过的项目对后续项目的学习产生的影响，发现 F 项目之后出现的 R 项目，比 R 项目之后出现的 R 项目，记忆效果更好，而且这一效应具有累积性，即之前 F 项目越多那么其后的 R 项目记忆表现就越出色。这一结果支持被动衰减理论，因为被动衰减过程不需要消耗认知资源，那么 F 项目之后出现的 R 项目，相比于 R 项目之后出现的 R 项目，就会有更多的认知资源进行加工，而且前面的 F 项目越多，积累的认知资源就越多，后续 R 项目的记忆成绩就会越好，这与主动抑制理论正好矛盾，因为主动抑制是比记忆更加消耗认知资源的过程(Fawcett ＆ Taylor, 2008)，那么 F 项目之后的 R 项目就没有足够的资源来进行加工，记忆成绩就会变差。

Tan et al., (2020)的研究采用了一种新的项目法范式来研究定向遗忘。他们将单一的 F 和 R 学习项目改进为成对的学习项目，每对项目要么是单一条件（两个词都记住或者都忘记，即 R-R/F-F），要么是混合条件（忘记其中一个而记住另一个，即 R-F/F-R）。研究发现，R 项目在混合条件下的记忆优于单一条件下的记忆，该实验结果支持被动衰减理论（R-F/F-R 条件下只需要记住其中的 R 项目，F 项目不需要选择性复述，会逐渐衰减，不占用认知资源，所以 R-F/F-R 项目的记忆好于 R-R 项目），而与主动抑制理论的预测（R-F/F-R 条件下的 F 项目需要耗费更多的认知

资源去抑制，留给 R 项目的认知资源就会更少，所以 R 项目的记忆成绩会减弱）相矛盾。此外，有的研究虽然没有直接提到被动衰减，但是其理论是以被动衰减为基础的，如 Lee (2012)通过项目法范式的三个实验，提出了定向遗忘的加工负载假说，认为编码阶段留给 F 项目的认知资源越少，F 项目获得的选择性复述机会就越少，对它的遗忘就越容易，会逐渐从记忆中衰减。综合上述研究，F 项目的遗忘可以从被动的角度来解释，当认知资源耗费在 R 项目上时，很少有认知资源用于 F 项目的加工，F 项目得不到复述则逐渐从记忆中消退，这一过程自然也不需要认知努力。

2.2 定向遗忘的主动抑制：理论和证据

主动抑制理论的早期证据来自 Zacks et al., (1996)对青年人和老年人定向遗忘机制的对比研究。但是， Fawcett 和 Taylor (2008)认为，对 Zacks et al., (1996)研究结果的解释并不唯一且缺乏直接证据，于是他们设计了一个新的实验，在 R 线索和 F 线索后加入一个探测刺激。实验发现，探测刺激出现在指示符后的 1400ms 或 1800ms 时，F 项目之后的探测任务反应时比 R 项目后的更长，这说明 F 项目是消耗更多认知资源的加工过程；但是，探测刺激出现在指示符后的 2600ms 时，这一结果不再出现。这项研究表明，定向遗忘编码过程中遗忘的发生确实存在认知资源的消耗，这可能反映了注意的主动抑制作用，该抑制过程可能是较短时间内完成的，不过该研究并未讨论具体的抑制时间进程。虽然上述研究结果被解读为支持定向遗忘的主动抑制理论，但也有研究者认为，在较短时间内发生的遗忘后反应时变长的问题可能并不是遗忘本身造成的，而是注意转换的结果，可能从 F 线索转换到其它刺激需要消耗认知资源，所以造成 F 线索后的探测反应时变长(Tan et al., 2020)，这一质疑目前尚未得到验证。

除了通过认知资源的运用情况来考察遗忘的主动被动外，还可以通过个体主观的努力程度来考察，而主观努力程度和动机密不可分。 Foster 和 Sahakyan (2012)引入了动机成分，他们将遗忘材料分成两类，分别赋予-5 分和 0 分，告知实验被试如果记住-5 分的项目，则从总分中减去 5 分，如果忘记则不扣分，而赋值 0 分的项目记住忘记均不扣分，作为比较项目出现。这样的安排使得实验被试有更强的动机去忘记扣分多的项目。在测试阶段，为了避免实验被试为了得到更多积分虚假地迎合实验者，实验者在测试前宣布取消扣分决定，将指导语改为“凡是能够回忆出前面呈现过的单词，则加 10 分”。实验结果表明，赋值-5 分的项目比赋值 0 分的项目忘记得更好，因为编码阶段-5 分的项目如果不能忘记则会付出较大代价，其忘记效果好就说明遗忘是主动的认知加工过程，而 0 分的项目因为不需要付出代价，是相对被动的过程，其忘记效果则不如前者。

另有一些研究，虽然没有直接用主动抑制来解释定向遗忘，但研究结果却与主动抑制理论相吻合。Bancroft et al. (2013)发现了一个令人惊奇的现象，就是当 R 线索和 F 线索的呈现时间均延长时，R 项目和 F 项目的记忆成绩都得到了提高，并且提高的幅度相近。这一结果显然不能用选择性复述导致的被动衰减来解释（因为按照选择性复述，加工时间越长，F 项目的记忆会越弱），而更符合 F 项目的主动抑制机制（随着线索持续时间的延长，持续的运用认知努力抑制 F 项目就会变得更加困难，所以会有更多的 F 项目进入记忆）。这一研究提示我们，在进行定向遗忘的研究时需要将作用的时间纳入考量范畴，因为主动抑制在持续时间超过一定限度后，作用会消失。

主动抑制理论不仅获得了行为实验研究的支持，而且获得了大部分脑电实验数据的支持。ERPs 的研究发现，在定向遗忘的编码阶段，F 线索在前额叶诱发了更大的 N2 成分，反映了记忆的主动抑制过程(Gallant & Dyson, 2016;Paz-Caballero et al.,2004)，而 R 线索则在顶叶诱发了更大的 P3 成分，反映了对记忆项目的选择性复述（Ye et al., 2019），正是由于这种对 F 项目的主动抑制和 R 项目的选择性复述才出现了显著的定向遗忘效应。为了更准确地定位发生主动抑制的脑区，Ludowig et al.,(2010)采用颅内事件相关电位方法，发现 F 线索诱发了海马降低的负向 ERPs 成分，这反映了海马对 F 项目的抑制功能。Gao et al.,(2018)则发现，F 项目比 R 项目诱发了更强的额叶 N2 成分以及顶叶 P3 和 LPC 成分，表明 F 线索能够引起更强的认知控制，造成后续 F 项目的再加工可用的认知资源更少。不过，Gao et al.,(2019)反对将前额叶的 ERPs 成分当做主动抑制的标志，认为它们反映的可能不是增强的记忆抑制，而是一种广泛的注意控制。

除了脑电证据，脑成像的研究结果也支持定向遗忘是一个复杂的主动抑制过程。 Rizio 和 Dennis (2013)发现左下 PFC 和内侧颞叶（MTL）的编码相关过程有助于随后的记忆成功，而右上额叶和右下顶叶的抑制过程有助于随后的遗忘成功。此外，连接性分析发现，在成功的有意遗忘过程中，右侧上额叶皮质的活动与左侧 MTL 的活动呈负相关，而在偶然遗忘或偶然编码过程中则没有。这一结果表明，抑制与编码活动是相互作用的，而且定向遗忘中 F 项目的成功遗忘和大脑受到抑制的区域存在关系，而偶然的遗忘或编码则没有抑制作用存在，只和编码区域存在联系。Rizio 和 Dennis (2013)证实，那些在回忆阶段能够成功记起的 F 项目，相比于成功记住的 R 项目，在右侧前额和顶叶下回激发了更强的活动，而这些区域更强的激活可能代表着编码阶段大脑的主动抑制作用。 Rizio 和 Dennis (2017)进一步考察了提取阶段的脑机制，发现回忆 F 项目比回忆 R 项目在前额皮层、右侧额上回和额下回诱发了更强的活动，结合 Rizio 和 Dennis (2013)的结果，他们推测正是由于编码阶段对 F 项目的抑制作用，才使得提取阶段对 F 项目的回忆需要更多的认知努力。不过，这一研究没有直接证实编码阶段抑制相关的脑机制，对 F 项目的回忆还可能是因为编码阶段的被动衰减导致 F 项目的记忆痕迹减少很多，所以在回忆阶段需要更多努力。

其他支持主动抑制理论的脑机制实验研究，还包括 Xie et al.,(2020)的经颅磁刺激实验，他们发现右侧背外侧前额叶在抑制和控制记忆时起到重要作用。以上介绍的这些脑电、脑成像以及经颅磁实验的结果，均表明记忆的抑制活动有广泛的脑基础，但是精确的脑区定位和工作机制还有待进一步探索。

针对以上支持定向遗忘主动抑制机制的实验结果，研究者们给出了他们的解释。Hourihan & Taylor (2006)强调了抑制的主动性，认为 F 线索的加工是一个认知停止的过程，和 R 线索的主动编码记忆过程之间是一种竞争关系，当 F 线索赢得竞争，它就会阻止注意返回到 F 项目上。Hourihan 和 Taylor (2006)与 Barnier et al.,(2007)在研究自传体记忆定向遗忘的特征时提出，遗忘的发生可能和不同的记忆要求有关，不同的要求会产生竞争关系，这种竞争关系类似于提取诱发遗忘的机制，但又有所不同。不过，这一研究虽然一定程度上可以解释定向遗忘的主动抑制，但是由于使用的实验材料是类似情景记忆的刺激材料，这些材料相比于传统的词汇类材料，差异更大、

竞争性更小，所以上述假设是否适合词汇类材料还需进一步验证。此外，van Hooff 和 Ford (2011)提出，定向遗忘的主动抑制过程可能包括两种机制，一是对 F 项目的加工的抑制，另一个是对 F 项目记忆表征的抑制，两者发生的阶段可能不同。虽然上述各种解释都有一定道理，但都是基于研究证据的推测，缺乏直接的实证证据支撑，未来的研究还需要予以补充。

以上行为实验与认知神经实验的结果，都在一定程度上表明定向遗忘过程中存在主动抑制机制，使得注意不再聚焦于 F 项目，导致记忆痕迹无法在相应的脑区形成，这是一个需要认知努力的过程，并且可能比记忆耗费更多的认知资源。不过，值得注意的是，虽然一部分认知神经实验研究将前额叶的活动解释为抑制作用，但是前额叶也是很多其他认知活动的脑区，所以还不能确定因果关系；而且，记忆和遗忘的脑神经活动不仅局限于前额区，其他脑区也可能参与注意和工作记忆过程(Gamboa et al., 2018)。所以，关于定向遗忘的主动抑制机制，还需要更多的行为和脑神经实验研究加以深入验证和完善。

2.3 两种理论的对比

综上所述，当前针对定向遗忘的主流观点有两种，分别是被动衰减和主动抑制。被动衰减理论认为，实验被试按照定向遗忘操作的要求，对 R 项目进行记忆，而对 F 项目进行遗忘。通常情况下实验被试的记忆策略是复述，即对 R 项目进行选择性复述，而 F 项目由于缺少复述的机会，所以逐渐从记忆表征中衰减，在后续的测试任务中记忆成绩不如 R 项目，这就是典型的定向遗忘现象，遗忘的主要原因是遗忘项目的被动衰减(Basden et al., 1993)。与被动衰减理论相对立的是主动抑制理论，该理论强调对认知资源的主动抑制，认为通过 F 线索启动了抑制机制，从而主动减少对 F 项目的进一步加工，这样 F 项目的记忆表征就被抑制在基线水平以下，因此在后续的测试任务中，F 项目的记忆成绩显著低于 R 项目，表现出定向遗忘效应。

定向遗忘编码阶段的主动抑制和被动衰减体现了两种不同的遗忘形式，但两者并非完全对立。首先，两者都对应同样的结果，都能解释定向遗忘的特征，即 R 项目的记忆效果好于 F 项目(Fawcett & Taylor, 2008)。其次，两者都发生在编码阶段，被动衰减是因为编码阶段对 R 项目的选择性复述导致，主动抑制则是编码阶段对注意资源的主动控制。而且，有研究发现主动抑制和被动衰减可能共同存在于定向遗忘的过程中(Fellner et al., 2020)，也就是说两者在定向遗忘的过程中共同发挥了作用——一个 F 项目的遗忘先是注意的主动抑制，接着是被动衰减，只是两者作用的时间点不同。当然，两种理论的区别也非常明显。被动衰减理论中 F 项目的遗忘是被动的过程，是对 R 项目的选择性复述导致的，注意本身在 F 项目上并未起作用；主动抑制理论则强调注意本身对 F 项目的抑制，是一个更加主动的过程。

关于两种理论的关系，有研究还发现，某些定向遗忘的特征似乎既可以用主动抑制模式、也可以用被动衰减模式来解释。例如， Montagliani 和 Hockley (2019)研究了不同类别单词的定向遗忘效应，不仅证实了定向遗忘效应的存在，还发现 F 项目的新词虚报率要低于 R 项目，该结果是由 F 项目的同类词汇在测试阶段激活减少造成的，这既可以从被动衰减理论、也可以从主动抑制理论的角度获得解释。

3 定向遗忘认知加工的其他可能机制

定向遗忘的认知机制，除了选择性复述减少导致的被动衰减，以及 F 项目的主动抑制外，还有没有其他可能的加工机制？要找到这一问题的答案，需要对定向遗忘的传统研究范式加以改进，比如将被动遗忘和有意遗忘放在一起研究。

Zwissler et al.,(2015)在传统的 F 项目与 R 项目之外新加了无线索的 U 项目（uncued item），即不要求进行任何认知加工处理的记忆项目。通过三种项目记忆成绩的对比，发现 F 项目的记忆成绩比 R 项目差，表现出定向遗忘效应，但是 F 项目的记忆成绩却比 U 项目更好。类似地，Gao et al., (2016)也在定向遗忘的经典研究范式中引入了无线索的 NC 条件（non-cue condition），无论是行为实验还是 ERPs 的结果，都发现 F 项目的记忆成绩要优于 NC 项目。上述两个研究都表明，定向遗忘的效果不如被动遗忘，似乎主动的遗忘要求并没有起到促进遗忘的作用，甚至导致部分 F 项目获得了更好的记忆。这一现象，显然直接与主动抑制理论相矛盾，而且被动衰减理论也解释不了为什么同为被动衰减的 F 项目与 U 项目（或 NC 项目）记忆成绩不一样。

如果主动抑制理论不成立，那么前人定向遗忘研究中观察到的额叶活动(Anne et al., 2011; Rizio & Dennis, 2013;van Hooff & Ford, 2011)可能并不是主动抑制作用的结果，而是额叶中的非抑制过程，如认知冲突监控（Silvetti et al., 2014），当然也可能是抑制不成功(Lee & Lee, 2011;Zwissler et al.,2015)。特别是，我们注意到，Schindler 和 Kissler (2018)使用图片刺激，对比了 F 线索、R 线索、无线索这三种条件下诱发的 ERPs 波形，发现 R 线索比 F 线索和无线索诱发了更大的额叶 P2、额叶晚期负波以及顶叶晚期正波，表明 R 项目获得了更多的注意资源；同时，F 线索和无线索比 R 线索诱发了更大的额叶 N2，而且最关键的是 F 线索比 R 线索以及无线索诱发了更大的右侧前额叶晚期正波，比无线索诱发了更大的晚期顶叶正波，而根据行为实验结果，F 项目的记忆效果要强于 U 项目，因此可以推测右侧前额叶的激活以及顶叶的激活可能并不是抑制作用，而是反映了某种选择性加工的机制，使得主动加工的 F 项目的记忆效果强于被动加工的 U 项目。

所以，我们面临的问题是，如果 F 项目是被动衰减的机制，那么如何解释 F 项目的记忆成绩优于同样是被动衰减的 U 项目（或 NC 项目）？反之，如果 F 项目是主动加工的机制、但又不可能是主动抑制的话，那么参与定向遗忘的主动加工机制是什么呢？为什么这一主动加工机制使得定向遗忘的遗忘效果不如被动遗忘？这一加工机制受哪些因素影响？此外，定向遗忘的过程，除了额叶还有哪些脑区会参与？这些问题都有待进一步的探索。

4 总结与展望

定向遗忘编码阶段的认知加工过程，是被动衰减还是主动抑制，目前依然存在争议，主要体现在：其一，目前的研究虽然得出很多主动抑制和被动衰减的实验证据，但是实验研究与理论之间缺乏有效的整合；其二，纯粹的认知机制很少发生，记忆的发生也是和很多非认知的因素联系在一起的，而以往的研究很少考虑非认知因素；其三，当前的定向遗忘研究很少关注不同的群体

（比如不同的年龄段、不同健康状况的人群等）在认知机制上的异同。鉴于以上问题，未来的研究需要从以下几个方面入手：

第一，探讨理论与实证间的整合路径。既然主流的实证研究和理论要么支持定向遗忘的主动抑制，要么支持选择性复述减少导致的被动衰减，那么是否可以尝试两者的整合呢？Bancroft et al.,(2013)给了我们一定的启示，他们发现在没有次级任务的情况下，延长线索时间会增强 F 项目的记忆，但是这个增强不是被动衰减的结果，而是个体无法保持长时间的抑制投入造成的。这说明大脑的记忆机制是非常灵活的，在次级任务存在时，认知资源优先分配给次级任务，不管 F 项目是主动抑制还是被动衰减，都没有足够的认知资源来完成，从而导致遗忘；而次级任务不存在时，就有足够的认知资源加工 F 项目，但具体是主动抑制还是被动衰减亦或两者兼有，尚无研究探讨。更直接的整合证据来自 Fellner et al.,(2020)，他们的脑电研究表明，在定向遗忘过程中主动抑制和被动衰减都存在，前者发生在遗忘线索呈现后的较早时段，而后者发生在较晚时段，两者是相互独立的过程，都在记忆的自主控制机制中发挥作用，这与之前的行为实验结果（如 Fawcett &Taylor (2008)发现 1800 毫秒后抑制作用可能不再发挥作用）有一致之处，，虽然两个研究得出的时间进程并不一致，但都暗示主动抑制和被动衰减可能共存。Marevic 和 Rummel (2020)也持此种观点，他们认为大部分项目的遗忘效应是选择性复述减少导致的被动衰减，而小部分项目则是注意主动抑制的结果。梳理以上研究可见，项目法定向遗忘的主动抑制和被动衰减不是简单的非此即彼的关系，两者很可能在定向遗忘的编码阶段均存在，是两个独立的加工阶段，只是发生的时间节点不同，主动抑制可能发生于遗忘指令下达后的较早阶段，然后才是选择性复述 R 项目导致的 F 项目被动衰减过程，这两个过程共同促成了 F 项目的遗忘。目前，理论整合虽然取得了部分行为和神经认知实验的数据支持，但是已有的研究数据还

足以给出全部答案，比如两个过程发生的具体时间节点，以及不同加工过程是否也意味着不同的大脑激活机制。已有结论多是基于相关性做的推测，缺乏很强的因果关系论证。未来还需要开展更多行为和神经认知实验深入探讨。

第二，考察非认知因素的影响。当前定向遗忘认知机制的研究，考虑的多是纯认知因素，考虑非认知因素的很少。不容忽视的一个事实是，在定向遗忘的编码和提取阶段，实验被试的认知活动不仅受注意、记忆等认知因素的影响，还受到非认知因素的影响，比如已有一些研究发现实验被试的人格特征（Delaney et al., 2015）、情绪状态（Gallant & Dyson, 2016）、自信水平（Woodruff et al., 2006）、动机强度（Foste & Sahakyan, 2012; Ren et al., 2018）等非认知因素对定向遗忘加工过程的影响。人类的认知活动离不开非认知因素的作用，尤其是很多主动的认知过程更易受到非认知因素的影响，因此通过非认知因素可以更好地控制个体的认知过程。未来研究需要将非认知因素作为调节变量，更全面地考察定向遗忘的机制，从而有助于解决理论争议。

最后，考察不同人群的定向遗忘特征。已有一些研究对不同年龄、不同健康状态人群的定向遗忘机制做了比较，前者如 Zacks et al. (1996)和 Rizio & Dennis (2014)对老年人和青年人的比较，后者如 Kuehl et al. (2017)对抑郁症人群和健康人群的比较、Catarino et al. (2015)对创伤后应激障碍

患者的研究。今后，更多的比较研究将有助于我们全面地揭示定向遗忘编码阶段认知机制在不同人群中的发展状况，从而帮助我们更好地解决理论争议。

References:

Anderson, M. C., & Hanslmayr, S. (2014). Neural mechanisms of motivated forgetting. *Trends in Cognitive Sciences, 18(6)*, 279–292.

Anne, H., Hannah, S., Todor, I., Johanna, K. (2011). ERP dynamics underlying successful directed forgetting of neutral but not negative pictures. *Social Cognitive & Affective Neuroence*(4), 450.

Bancroft, T. D., Hockley, W. E., Farquhar, R. (2013). The longer we have to forget the more we remember: The ironic effect of postcue duration in item-based directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 39(3)*, 691–699.

Basden, B. H., Basden, D. R., & Gargano, G. J. (1993). Directed forgetting in implicit and explicit memory tests: A comparison of methods. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 19(3)*, 603.

Barnier, A. J., Conway, M. A., Mayoh, L., Speyer, J., Avizmil, O., Harris, C. B. (2007). Directed forgetting of recently recalled autobiographical memories. *Journal of Experimental Psychology: General, 136*(2), 301–322.

Bjork, R. A., Laberge, D., Legrand, R. (1968). The modification of short-term memory through instructions to forget. *Psychonomic Science, 10*(2), 55–56.

Catarino, A., Küpper, C. S., Werner-Seidler, A., Dalgleish, T., Anderson, M. C. (2015). Failing to Forget. *Psychological Science, 26*(5), 604–616.

Delaney, P. F., Goldman, J. A., King, J. S., & Nelson-Gray, R. O. (2015). Mental toughness, reinforcement sensitivity theory, and the five-factor model: Personality and directed forgetting. *Personality and Individual Differences, 83*, 180–184.

Fawcett, J. M., Taylor, T. L. (2008). Forgetting is effortful: Evidence from reaction time probes in an item-method directed forgetting task. *Memory & Cognition, 36*(6), 1168–1181.

Fawcett J. M., Taylor T. L. (2010). Directed forgetting shares mechanisms with attentional withdrawal but not with stop-signal inhibition.. *Memory & Cognition, 38*(6), 797–808.

Fawcett, J. M., Taylor, T. L. (2012). The control of working memory resources in intentional forgetting: Evidence from incidental probe word recognition. *Acta Psychologica, 139*(1), 84–90.

Fellner, M., Waldhauser, G. T., Axmacher, N. (2020). Tracking Selective Rehearsal and Active Inhibition of Memory Traces in Directed Forgetting. *Current Biology, 30*(13), 2638–2644.

Foster, N. L., Sahakyan, L. (2012). Metacognition influences item-method directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 38*(5), 1309–1324.

Gallant, S. N., Dyson, B. J. (2016). Neural modulation of directed forgetting by valence and arousal: An event-related potential study. *Brain Research, 1648*, 306–316.

Gallant, S. N., Dyson, B. J., Yang, L. (2017). Local context effects during emotional item directed forgetting in younger and older adults. *Memory, 25*(8), 1129–1138.

Gamboa, O. L., Sung Lai Yuen, K., von Wegner, F., Behrens, M., Steinmetz, H. (2018). The challenge of forgetting: Neurobiological mechanisms of auditory directed forgetting. *Human Brain Mapping, 39*(1), 249–263.

Gao, H., Cao, B., Zhang, Q., Qi, M., Li, F., Li, H. (2016). Intending to forget is not easy: Behavioral and electrophysiological evidence. *International Journal of Psychophysiology, 104*, 1–9.

Gao, H., Qi, M., Zhang, Q. (2018). Frontal Control Process in Intentional Forgetting: Electrophysiological Evidence. *Frontiers in Neuroscience, 11*, 757.

Gao, H., Qi, M., Zhang, Q. (2019). Elaborately rehearsed information can be forgotten: A new paradigm to investigate directed forgetting. *Neurobiology of Learning and Memory, 164*, 107063.

Hourihan, K. L., Taylor, T. L. (2006). Cease remembering: Control processes in directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32*(6), 1354–1365.

Jing, J., Qi, M., Gao, H., Zhang, Q. (2019). The role of forgetting cues in directed forgetting: Ceasing maintenance rehearsal. *Acta Psychologica, 199*, 102922.

Kuehl, L. K., Wolf, O. T., Driessen, M., Schlosser, N., Fernando, S. C., Wingenfeld, K. (2017). Effects of cortisol on the memory bias for emotional words? A study in patients with depression and healthy participants using the Directed Forgetting task. *Journal of Psychiatric Research, 92*, 191–198.

Lee, Y. (2012). Cognitive load hypothesis of item-method directed forgetting. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 65*(6), 1110–1122.

Lee, Y. (2017). Withdrawal of spatial overt attention following intentional forgetting: Evidence from eye movements. *Memory, 26*(4), 503–513.

Lee, Y., Lee, H. (2011). Divided attention facilitates intentional forgetting: Evidence from item-method directed forgetting. *Consciousness and Cognition, 20*(3), 618–626.

Ludowig, E., Möller, J., Bien, C. G., Münte, T. F., Elger, C. E., Rosburg, T. (2010). Active suppression in the mediotemporal lobe during directed forgetting. *Neurobiology of Learning and Memory, 93*(3), 352–361.

Marevic, I., Rummel, J. (2020). Retrieval-mediated directed forgetting in the item-method paradigm: The effect of semantic cues. *Psychological Research, 84(3)*, 685–705.

Montagliani, A., Hockley, W. E. (2019). Item-based directed forgetting for categorized lists: Forgetting of words that were not presented. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 73*(3), 135–143.

Pastötter, B., Kliegl, O., Bäuml, K. T. (2015). List-method directed forgetting: Evidence for the reset-of-encoding hypothesis employing item-recognition testing. *Memory, 24*(1), 63–74.

Paz-Caballero, M. D., Menor, J., Jiménez, J. M. (2004). Predictive validity of event-related potentials (ERPs) in relation to the directed forgetting effects. *Clinical Neurophysiology, 115*(2), 369–377.

Popov, V., Marevic, I., Rummel, J., Reder, L. M. (2019). Forgetting is a feature, Not a bug: Intentionally forgetting some

things helps us remember others by freeing up working memory resources. *Psychological Science, 30*(9), 1303–1317.

Ren, Z., Zou, X., You, C., Luo, J., Liu, W. (2018). Punishment eliminates directed forgetting. *NeuroReport, 29*(1), 36–40.

Rizio, A. A., Dennis, N. A. (2013). The neural correlates of cognitive control: Successful remembering and intentional forgetting. *Journal of Cognitive Neuroscience, 25*(2), 297–312.

Rizio, A.A., Dennis, N.A.(2014). The cognitive control of memory: Age differences in the neural correlates of successful remembering and intentional forgetting. *PLOS ONE 9*, e87010.

Rizio, A. A., Dennis, N. A. (2017). Recollection after inhibition: The effects of intentional forgetting on the neural correlates of retrieval. *Cognitive Neuroscience, 8*(1), 1–8.

Sahakyan, L., Kwapil, T. R., Jiang, L. (2020). Differential impairment of positive and negative schizotypy in list-method and item-method directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: General, 149*(2), 368–381.

Schindler, S., Kissler, J. (2018). Too hard to forget? ERPs to remember, Forget, And uninformative cues in the encoding phase of item-method directed forgetting. *Psychophysiology, 55*(10), e13207.

Silvetti, M., Alexander, W., Verguts, T., Brown, J. W. (2014). From conflict management to reward-based decision making: Actors and critics in primate medial frontal cortex. *Neuroence& Biobehavioral Reviews, 46*(Part 1, Sp. Iss. SI), 44–57.

Tan, P., Ensor, T. M., Hockley, W. E., Harrison, G. W., Wilson, D. E. (2020). In support of selective rehearsal: Double-item presentation in item-method directed forgetting. *Psychonomic Bulletin & Review, 27*(3), 529–535.

van Hooff, J. C., Ford, R. M. (2011). Remember to forget: ERP evidence for inhibition in an item-method directed forgetting paradigm. *Brain Research, 1392*, 80–92.

Woodruff, C. C., Hayama, H. R., Rugg, M. D. (2006). Electrophysiological dissociation of the neural correlates of recollection and familiarity. *Brain Research, 1100*(1), 125–135.

Xie, H., Chen, Y., Lin, Y., Hu, X., Zhang, D. (2020). Can’t forget: Disruption of the right prefrontal cortex impairs voluntary forgetting in a recognition test. *Memory, 28*(1), 60–69.

Ye, J., Nie, A., Liu, S. (2019). How do word frequency and memory task influence directed forgetting: An ERP study. *International Journal of Psychophysiology, 146*, 157–172.

Zacks, R. T., Radvansky, G., Hasher, L. Studies of directed forgetting in older adults. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory & Cognition, 22*(1), 143.

Zwissler, B., Schindler, S., Fischer, H., Plewnia, C., & Kissler, J. M. (2015). ‘Forget me (not)?’–Remembering forget-items versus un-cued items in directed forgetting. *Frontiers in psychology, 6,* 1741.

Encoding Mechanism in Directed Forgetting

Abstract Does intentional/directed forgetting require cognitive effort? In some studies, directed forgetting is deemed to be a result of passive decay, i.e., an effective rehearsal of F items (i.e., the items to be

forgotten) is suppressed by the selective rehearsal of R items (i.e., the items to be remembered), and this process does not require cognitive effort. Other studies, however, have shown that directed forgetting involves forgetting-cue induced active inhibition of memory processing (this apparently requires cognitive effort), which has been evidenced by the ERPs in the frontal lobe as shown in brain cognitive research. In addition, there is also a point that directed forgetting may involve both active inhibition and passive decay, but how the two processes interact and integrate is yet to be explored. To clarify the cognitive mechanism in the encoding stage of directed forgetting, future study needs to take non-cognitive factors into investigation, and to inspect different populations.

Keyword directed forgetting, encoding stage, active inhibition, passive decay